

## ВЛИЯНИЕ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ПЛАСТИЧНОСТЬ СПЛАВА ЭК61-ВИ (ХН58МБЮД-ВИ)

**Кирпичников М.С.**

*Руководитель – Баева Т.Л.*

ИТЦ, ОАО «ЧМК», г. Челябинск

maksimkirpichnikov@mechel.ru

Высокопрочный никелевый свариваемый сплав ХН58МБЮД (ЭК 61) предназначен для изготовления штампо–сварных конструкций, работающих в интервале температур от минус 253 °С до плюс 750 °С. Сплав ЭК61 превосходит серийные сплавы по прочностным свойствам на 150 – 200 МПа и наряду с экономным легированием отличается высокой технологичностью при сварке и механической обработке.

При производстве металлопродукции из данного сплава на ОАО «ЧМК» решалась проблема повышения выхода годного за счет улучшения технологической пластичности металла с использованием микролегирующих элементов.

Повышение технологической пластичности при микролегировании РЗМ (Ce, La, Zr) и ЩЗМ (Mg) достигается упрочнением границ зерен за счет связывания кислорода и серы в тугоплавкие соединения, образующиеся в начальной стадии кристаллизации.

Расчетная массовая доля основных легирующих элементов сплава ЭК61 представлена в таблице 1:

Таблица 1

Массовая доля элементов, %												
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Nb	Al	Cu	V	Ti	Fe
0,03	-	н.б. 0,15	н.б. 0,006	-	16,5	Осн.	5,0	0,65	0,4	0,50	0,8	14,0

В рамках проведенной работы на ОАО «ЧМК» в вакуумной индукционной печи периодического действия (ИСВ-1,0 ПИ) выплавлены две фракционные плавки с расчетным микролегированием:

Ce и La от 0 до 0,02 %,

Zr от 0 до 0,06 %

Mg от 0 до 0,01 %.

Добавки церия, лантана, циркония и магния вводили порционно в совмещенном периоде рафинировки и разливки.

Порционную разливку производили в кокили - трубы (10 пар отливок кр. 90 мм).

Таблица 2 - Варианты микролегирования фракционных плавок сплава  
ЭК 61-ВИ

Плавка № 1					Плавка № 2								
Массовая доля микролегирующих элементов в % x 10 <sup>-3</sup> по вариантам													
Вариант микролег- ния (услов. номер литых и кован прутков)	Расчетное		Фактическое		Вариант микролег- ния (услов. номер литых и кован. прутков)	Расчетное				Фактическое			
	Ce	La	Ce	La		Ce	La	Zr	Mg	Ce	La	Zr	Mg
1 (11 -31)	0	0	-	-	1 (21 -41)	10	10	-	10	3,2	1,3	-	3,4
2 (12 -32)	5	5	3,0	1,0	2 (22 -42)	10	10	40	10	3,0	1,3	36	2,7
3 (13 -33)	10	10	2,3	1,2	3 (23 -43)	10	-	-	-	3,0	-	33	-
4 (14 -34)	10	-	2,2	-	4 (24 -44)	20	10	60	-	3,1	1,4	86	-
5 (15 -35)	10	10	3,0	1,4	5 (25 -45)	20	20	-	-	2,6	1,2	73	-

Литые прутки (по одному на каждый вариант микролегирования) были прокованы на кв. 40 мм с последующей визуальной оценкой ковкости по качеству поверхности.

Определение технологической пластичности сплава ЭК61–ВИ проводили методом пластометрических испытаний и испытаний на ударный изгиб в интервале температур 900 ...1200 °С на прутках в литом и деформированном состоянии.

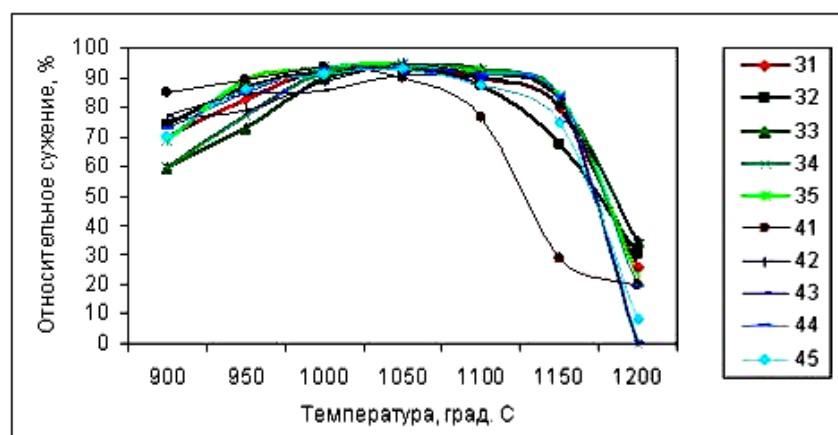


Рисунок 1 - Зависимость относительного сужения от температуры испытания на пластометре образцов сплава ЭК61-ВИ в перекованном кв.40 мм

По результатам испытаний ударной вязкости отмечено, что технологическая пластичность металла плавки № 1 с микролегированием Ce и La (усл. номер 31...35) как в литом, так и в деформированном состояниях по всем вариантам микролегирования ниже технологической пластичности металла плавки № 2, микролегированной Ce, La, Zr и Mg (усл. номер 41...45).

Во всем диапазоне температур 900 ...1200 °С показатели ударной вязкости металла плавки № 1 и образцов № 41 (Mg =0,034 %) плавки № 2 ниже условно принятого для деформированного металла показателя удовлетворительной пластичности 100 Дж/см<sup>2</sup> (рис.2).

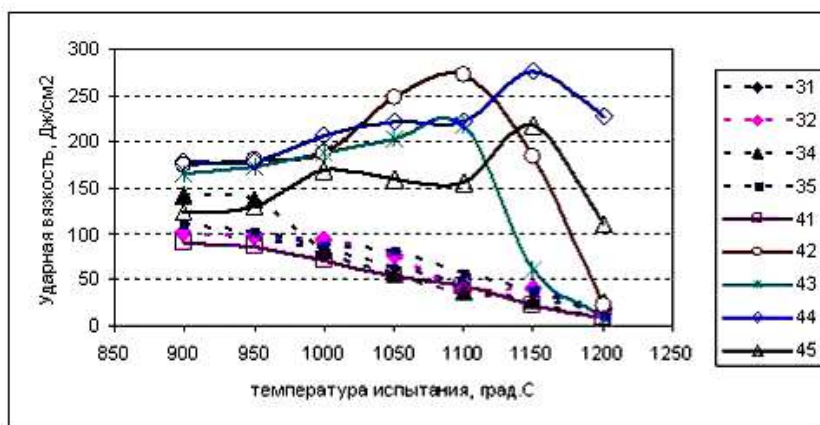


Рисунок 2 - Зависимость ударной вязкости от температуры испытания образцов сплава ЭК61-ВИ в перекованном кв. 40 мм

По результатам испытаний образцов металла с условным номером 41 плавки № 2 (вариант микролегирования  $\Sigma \text{Ce} + \text{La}$  до 0,0045 % и Mg до 0,0034 %) можно сделать вывод об отрицательном влиянии магния при его содержании более 0,003 % на технологическую пластичность сплава ЭК61 –ВИ.

Высокие показатели ударной вязкости получены на металле плавки № 2, дополнительно легированном цирконием  $\approx$  до 0,040 % (варианты № 42 и 43). Более высокое содержание циркония (до 0,086 %) при высоких показателях ударной вязкости максимум технологической пластичности смещается в сторону более высоких температур – 1150 °С (образцы № 44 и 45) (рис.3).

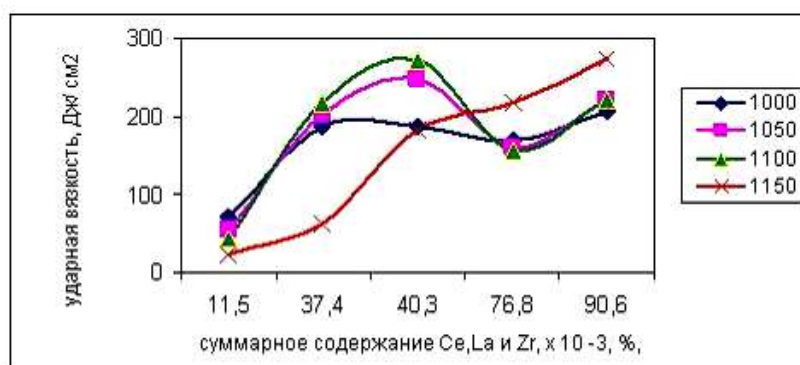


Рисунок 3 - Зависимость ударной вязкости сплава ЭК61 –ВИ от суммарного содержания церия, лантана и циркония

## Заключение

1. По результатам испытаний на пластометре и ударный изгиб в диапазоне температур 900 ...1200 °С металла двух фракционных плавов сплава ЭК61 –ВИ с различным микролегированием установлено следующее:

1.1. Испытания на ударный изгиб предпочтительнее пластометрических испытаний для оценки технологической пластичности.

2.2. Микролегирование сплава ЭК61 –ВИ только церием и лантаном с целью повышения технологической пластичности недостаточно.

1.3. Максимальная технологическая пластичность в интервале ковочных температур 900 ...1150 °С обеспечивается при усвоении микролегирующих элементов в следующем диапазоне:

$$\sum_{\text{Ce} + \text{La}} = 0,0030 - 0,0045 \%,$$

$$\text{Zr} = 0,04 - 0,06 \%,$$

$$\text{Mg} = 0,002 - 0,003 \%.$$

2. Повышение технологической пластичности с использованием оптимального микролегирования позволило увеличить выход годного при деформации дополнительно на 9 %.